E-ISSN: 2717-4581 | P-ISSN: 2783-1345

Financial and Banking Strategic Studies

www.journal-fbs.com

Fin. Bank. Stra. Stud. Vol. 1, No. 3 (2023) 153–166.

Paper Type: Original Article

Decision-Making Regarding the Granting of Facilities to Sepah Bank Loan Applicants based on Credit Risk Factors Considering Hesitant Fuzzy Sets

Masih Mehrabi[1], Ali Sorourkhah[1,*], Seyed Ahmad Edalatpanah[2]

[1] *Department of Management, Ayandegan Institute of Higher Education, Tonekabon, Iran; drmmehrabi@gmail.com;sorourkhah@aihe.ac.ir.*

[2] *Department of Applied Mathematics, Ayandagn Institute of Higher Education, Tonkabon, Iran; saedalatpanah@gmail.com.*

Citation:

Mehrabi, M., Sorourkhah, A., & Edalatpanah, S. A. (2023). Decision-making regarding the granting of facilities to sepah bank loan applicants based on credit risk factors considering hesitant fuzzy sets. *Financial and banking strategic studies, 1*(3), 153-166.

Received: 16/07/2023 Reviewed: 20/07/2023 Revised: 16/09/2023 Accepted: 19/10/2023

Abstract

Purpose: Bank facilities are the main outputs of the bank, through which the society's liquidity, which is placed in a wandering way at the level of the society, is injected into defined and targeted economic sources. In this regard, one of the major problems faced by decision-makers in banks is prioritizing loan applicants. Therefore, this research was conducted to identify the effective factors in developing a model for measuring customers' credit risk and determining a suitable algorithm for prioritizing bank applicants on a case study in Sepeh Bank.

Methodology: In this research, experts' intuitive and imprecise judgments were considered hesitant fuzzy data, and a simple distance-based algorithm was proposed.

Findings: The output of the proposed algorithm is a detailed ranking of applicants for bank loans.

Originality/Value: The presented problem in this research is a decision-making one that is done intuitively, and so far, no research has been done to provide a prioritization algorithm in this field.

Keywords: Decision-making, Hesitant fuzzy sets, Bank, Credit risk, Facility.

Corresponding Author: saedalatpanah@gmail.com

Financial and Banking Strategic Studies

مطالعات راهبردی مالی و بانکی

دوره ۱، شماره (۳)، (۱۴۰۲)، ۱۶۶-۱۵۳

www.journal-fbs.com

نوع مقاله: پژوهشی

تصمیم‌گیری در خصوص اعطای تسهیلات به متقاضیان وام بانک سپه بر اساس عوامل ریسک اعتباری با درنظر گرفتن مجموعه‌های فازی مردد

مسیح محرابی[1]، علی سرورخواه[1*]، سید احمد عدالت پناه[2]

[1] گروه مدیریت، موسسه آموزش عالی آیندگان، تنکابن، ایران.

[2] گروه ریاضی کاربردی، موسسه آموزش عالی آیندگان، تنکابن، ایران.

چکیده

هدف: تسهیلات بانکی درواقع همان خروجی‌های اصلی بانک است که از طریق آن نقدینگی جامعه که به‌صورت سرگردان در سطح جامعه قرارگرفته، به مبادی تعریف‌شده و هدفمند اقتصادی تزریق می‌شود. در این راستا، یکی از عمده‌ترین مسایلی که تصمیم‌گیرندگان در بانک‌ها با آن مواجه هستند اولویت‌بندی متقاضیان دریافت وام است. از این‌رو، این پژوهش با هدف شناسایی عوامل موثر و تدوین مدلی برای سنجش ریسک اعتباری مشتریان و تعیین یک الگوریتم مناسب برای اولویت‌بندی متقاضیان در بانک‌ها به‌صورت موردی در بانک سپه انجام شد.

روش‌شناسی پژوهش: در این پژوهش، قضاوت‌های شهودی و نادقیق کارشناسان به‌صورت داده‌های فازی مردد درنظر گرفته شد و یک الگوریتم ساده مبتنی بر فاصله پیشنهاد شد.

یافته‌ها: خروجی الگوریتم پیشنهادی یک رتبه‌بندی دقیق از متقاضیان دریافت تسهیلات بانکی است.

اصالت/ارزش افزوده علمی: مساله مطرح‌شده در این پژوهش یک مساله تصمیم‌گیری است که همواره به‌صورت شهودی انجام می‌شود و تاکنون پژوهشی به ارایه الگوریتم اولویت‌بندی در این زمینه نپرداخته است.

کلیدواژه‌ها: تصمیم‌گیری، مجموعه‌های فازی مردد، بانک، ریسک اعتباری، اعطای تسهیلات.

۱- مقدمه

نخستین نقش بانک در بازارهای مالی، جمع‌آوری سپرده و اعطای این سپرده‌ها به‌صورت تسهیلات بانکی به متقاضیان است تا از این طریق ضمن کسب درآمد، امکان رشد و توسعه اقتصادی در جوامع را فراهم نماید. طبیعی است اگر بانک در شناسایی مشتریان و اعطای وام به آن‌ها دچار مشکل شود، زیان هنگفتی را متوجه خود خواهد کرد [1]. مطالبات معوق سبب بلوکه شدن منابع بانکی می‌شود و سودآوری آتی آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌کند. باتوجه به آمار سنگین مطالبات در بانک‌ها که گاها به بیش از ۵۰٪ از میزان مصارف شعب می‌رسد و در طبقه‌بندی‌های سررسید گذشته، معوق و مشکوک‌الوصول قرار می‌گیرند که باعث عدم پرداخت تسهیلات در آن شعب می‌گردد، درنتیجه، بانک‌ها لازم است از میان متقاضیان تسهیلات، تنها متقاضیانی را انتخاب نمایند که از ادای دین آن‌ها در مدت زمان مقرر اطمینان نسبی حاصل نمایند [2]. ارزیابی ریسک اعتباری به‌عنوان ابزاری در دست بانک می‌تواند در این زمینه کمک‌کننده باشد.

* نویسنده مسئول

saedalatpanah@gmail.com

تاریخچه ارزیابی ریسک اعتباری به عصر ابداع و ایجاد پول برمی‌گردد. در گذشته نیز افراد در دادن قرض به گروه‌ها و افراد مختلف سعی می‌کردند توانایی‌های مالی آن‌ها را درنظر بگیرند و در همه حال، توان مالی و قدرت پرداخت وام‌گیرنده به‌عنوان یکی از عوامل موثر در دادن قرض موردتوجه قرار می‌گرفت. از سال ۱۹۰۹ که "جان موری[1]" رتبه‌بندی و درجه‌بندی ریسک اعتباری را بر اوراق قرضه انجام داد، برخی از پژوهش‌گران متوجه شباهت اوراق قرضه و تسهیلات اعطایی شدند و اندازه‌گیری ریسک عدم پرداخت تسهیلات را بررسی نمودند. در این میان، می‌توان به مطالعه "فیشر[2]" به‌عنوان نخستین سیستم ارزیابی تقاضای اعتبار و مطالعه "دوراند[3]" که با استفاده از "تحلیل ممیزی" و با تکیه بر نتایج فیشر انجام گرفت، به‌عنوان بنیان‌گذار سیستم‌های امتیازدهی اعتباری در زمان حاضر اشاره نمود. برایانت[4] یک مدل ارزیابی برای ارزیابی وام‌های کشاورزی ارایه کرد. وی برای طراحی مدل از پژوهش‌های دوچسی[5] سود برده است. وی بیان می‌کند که هنگام بررسی و ارزیابی اعتبار متقاضی، لازم است که وام‌دهنده شناخت کافی از عوامل $5C$[6] داشته باشد که عبارت‌اند از شخصیت، ظرفیت، سرمایه، وثیقه و سابقه اعطای تسهیلات [3].

کاهش و کنترل ریسک به‌عنوان یکی از عوامل مهم و موثر بر بهبود فرآیند اعطای اعتبار و درنتیجه، عملکرد بانک‌ها مطرح و نقش اساسی در تداوم ارایه تسهیلات و بقای بانک‌ها و موسسات مالی دارد، چرا که مهم‌ترین عامل ورشکستگی بانک‌ها مطالبات بانکی است و موفقیت بانک‌ها در انجام این امور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [4]. در حال حاضر، در بانک‌ها، امر اولویت‌بندی یا به‌صورت سلیقه‌ای یا به‌صورت بررسی‌های ترکیبی کمی و کیفی و به‌صورت قطعی صورت می‌پذیرد، درحالی‌که شاخص‌های کیفی را نمی‌توان با مجموعه‌های قطعی به‌صورت دقیق بیان کرد.

برای پرداختن به مساله رتبه‌بندی مشتریان، تصمیم‌گیرنده (کارشناس مربوطه در بانک) اقدام به قضاوت متقاضیان بر اساس شاخص‌های کیفی می‌کند. برای مثال، شخصیت فرد x خوب است. مطابق با ادبیات فازی، این‌گونه قضاوت‌ها با عدم قطعیت و از آن مهمتر، با تردید همراه است. نه عدم قطعیت و نه تردید موجود در قضاوت‌های این‌چنینی در رویکردهای کلاسیک مورد توجه قرار نمی‌گیرد. با استفاده از مجموعه‌های فازی مردد، تصمیم‌گیرندگان قادر خواهند بود این دو مقوله را در فرآیند تصمیم‌گیری مورد توجه قرار دهند. در مثال مطرح‌شده قضاوت می‌تواند بدین صورت بیان شود: میزان خوب بودن شخصیت فرد x برابر است با (۰/۷ و ۰/۸). در اینجا، عدد بین صفر و یک بیانگر عدم قطعیت و اعداد ۰/۷ و ۰/۸ نشان‌دهنده تردید تصمیم‌گیرنده است. بر این اساس، پژوهش حاضر باهدف شناسایی عوامل موثر و تدوین مدلی برای سنجش ریسک اعتباری مشتریان و تعیین یک الگوریتم مبتنی بر مجموعه‌های فازی مردد برای اولویت‌بندی متقاضیان در بانک‌ها به‌صورت موردی در بانک سپه انجام می‌شود.

۲- پیشینه پژوهش

بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که تاکنون برای رتبه‌بندی متقاضیان تسهیلات بانکی رویکردی مبتنی بر عدم قطعیت صورت نگرفته است. با توجه به این‌که در پژوهش حاضر قصد داریم از مقیاس شباهت مبتنی بر مجموعه‌های فازی مردد[7] استفاده کنیم، برخی پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه را به اختصار در این بخش مرور می‌کنیم.

در یک مطالعه، پژوهش‌گران انواع مختلفی از اندازه‌گیری‌های فاصله را برای مجموعه‌های فازی مردد پیشنهاد کردند که بر اساس آن‌ها می‌توان معیارهای شباهت مربوطه را به‌دست آورد. آن‌ها اتصالات اندازه‌گیری‌های فاصله فوق‌الذکر را بررسی کرده و تعدادی از اندازه‌گیری‌های فاصله وزن‌دار مرتب‌شده مردد و معیارهای تشابه وزنی سفارشی مردد را بیشتر توسعه دادند. معیارهای پیشنهادی می‌توانند تأثیر انحرافات بی‌دلیل بزرگ (یا کوچک) را بر نتایج تجمع با اختصاص وزن کم (یا زیاد) به آن‌ها کاهش دهند. چند مثال عددی نیز برای نشان دادن این فاصله و اندازه‌های شباهت ارایه شده است [5].

[1] Jan Mouri
[2] Ficher
[3] Dorand
[4] Berayant
[5] Dochessi
[6] Character, Capacity, Capital, Collateral, Condition
[7] Hesitant Fuzzy Sets (HFS)

مجرایی و همکاران / مطالعات راهبردی مالی و بانکی، دوره ۱، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲، صفحه: ۱۶۶-۱۵۳

پژوهش‌گران نشان دادند مجموعه‌های فازی مردد متناسب با مدل‌سازی تنظیمات کمی هستند. آن‌ها نشان دادند موقعیت‌های مشابهی ممکن است در محیط‌های کیفی رخ دهد به‌طوری‌که متخصصان به چندین ارزش زبانی ممکن یا عبارات غنی‌تر از یک عبارت واحد برای یک شاخص، جایگزین، متغیر و غیره فکر کنند. در مطالعه‌شان، آن‌ها مفهوم مجموعه اصطلاحات زبانی فازی مردد را معرفی کردند. سپس، یک مدل تصمیم‌گیری زبانی چندمعیاره ارایه شد که در آن کارشناسان ارزیابی‌های خود را با استخراج عبارات زبانی ارایه کردند. این مدل تصمیم‌گیری چنین عبارات زبانی را با استفاده از مجموعه اصطلاحات زبانی فازی مردد مدیریت می‌کرد [6].

پژوهشگران ادعا کردند مجموعه‌های فازی همراه با تعمیم‌شان، مانند مجموعه‌های فازی نوع ۲، مجموعه‌های فازی باارزش بازه‌ای و مجموعه‌های فازی شهودی، طیف گسترده‌ای از ابزارها را ارایه کرده‌اند که قادر به مقابله با عدم قطعیت در انواع مختلف مسایل هستند. توسعه جدیدی از مجموعه‌های فازی به‌نام مجموعه‌های فازی مردد برای مقابله با موقعیت‌های تردیدبرانگیز ارایه شده است که ابزارهای پیشین آن‌ها را به‌خوبی مدیریت نمی‌کردند. آن‌ها چندین نوع عملگر را برای محاسبه با این نوع اطلاعات و درنهایت برخی از برنامه‌های کاربردی توسعه داده‌اند. به دلیل چنین رشدی، پژوهش‌گران مروری بر مجموعه‌های فازی مردد باهدف ارایه چشم‌انداز روشنی از مفاهیم، ابزارها و روندهای مختلف مربوط به این بسط مجموعه‌های فازی ارایه کردند [7].

یک مقاله بر اساس ترکیب مجموعه‌های نوتروسوفیک تک ارزشی و مجموعه‌های فازی مردد، یک مجموعه فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی (*SVNHFS*) را به‌عنوان تعمیم مفاهیم مجموعه فازی، مجموعه فازی شهودی و نوتروسوفیک تک ارزشی پیشنهاد کرد. سپس، یک عملگر میانگین وزنی فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی (*SVNHFWA*) و یک عملگر هندسی وزنی فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی (*SVNHFWG*) ایجاد و خواص آن‌ها بررسی شد. علاوه بر این، یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه بر اساس عملگرهای *SVNHFWA* و *SVNHFWG* و اندازه‌گیری کسینوس تحت یک محیط فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی ایجاد شد. درنهایت، یک مثال گویا از جایگزین‌های سرمایه‌گذاری برای نشان دادن کاربرد و اثربخشی رویکرد توسعه‌یافته ارایه شد [8].

یک مقاله باهدف ایده ضرایب همبستگی مشتق‌شده برای *HFSs*، *IFSs*، *DHFSs* و *SVNSs*، بر همبستگی و ضریب همبستگی *SVNHFSs* تمرکز کرده و برخی از ویژگی‌های اساسی آن‌ها را با جزئیات بررسی کرد. با استفاده از اطلاعات ضریب همبستگی وزنی بین هر جایگزین و جایگزین بهینه، یک روش تصمیم‌گیری برای مدیریت اطلاعات فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی ایجاد شد. درنهایت، از یک مثال عددی برای نشان دادن اعتبار و کاربرد رویکرد پیشنهادی در تصمیم‌گیری استفاده شد و رابطه بین روش‌های موجود و روش توسعه‌یافته به‌عنوان مطالعه مقایسه‌ای ارایه شد [9].

پژوهش‌گران بیان کردند مجموعه اصطلاحات زبانی فازی مردد (*HFLTS*) به‌طور گسترده‌ای برای پرداختن به اطلاعات پیچیده زبانی شناختی به‌دلیل مزیت آن در نمایش ابهام و تردید در فرآیند تصمیم‌گیری کیفی استفاده می‌شود. آن‌ها در مورد روابط بین اندازه‌گیری فاصله، شباهت، شمول و آنتروپی *HFLTS* بحث کردند. با توجه به این‌که الگوریتم خوشه‌بندی کاربرد مهمی از معیارهای اطلاعاتی است، اما مقالات کمی در رابطه با الگوریتم خوشه‌بندی مبتنی بر معیارهای اطلاعاتی در محیط *HFLTS* وجود دارد، در این مقاله دو الگوریتم خوشه‌بندی به‌ترتیب بر اساس اندازه‌گیری همبستگی و اندازه‌گیری فاصله پیشنهاد شد. پس از آن، یک مطالعه موردی در مورد ظرفیت باربری منابع آب برای تایید کاربرد الگوریتم‌های خوشه‌بندی پیشنهادی نشان داده شد [10].

پژوهش‌گران استدلال کردند که در پروژه‌های مشارکت عمومی و خصوصی[1] (*PPP*) معیارهای ارزیابی پیچیده هستند و قضاوت‌های ارایه شده توسط تصمیم‌گیرندگان ویژگی‌های ابهام و عدم قطعیت را نشان می‌دهد. آن‌ها در مقاله خود ابتدا عوامل خطر را برای مدل‌های *PPP* تحلیل و سپس، روش جدیدی را برای انتخاب آن عوامل در محیط فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی پیشنهاد کردند. برای دستیابی به این اهداف، دو ضریب همبستگی فازی مردد نوتروسوفیک تک ارزشی برای اندازه‌گیری مدل‌های *PPP* ارزیابی‌شده تعریف شد. درنهایت، نویسندگان یک مثال عددی عملی برای تایید اعتبار و امکان‌سنجی روش جدید ارایه کردند [11].

یک مطالعه باهدف ارایه تحلیل *SWOT* گردشگری سلامت استانبول با روش *AHP-HFL MABAC* زبانی فازی مردد یکپارچه (*HFL*) برای انتخاب بهترین استراتژی برای اجرای موثر آن انجام شد. روش پیشنهادی در ابتدا عوامل *SWOT* موردنیاز برای تجزیه‌وتحلیل را تعیین

---

[1] Public-Private Partnership

و سپس، این عوامل با *HFL AHP* وزن‌دهی شدند. در ادامه، نتایج برای انتخاب بهترین استراتژی گردشگری سلامت با استفاده از *HFL MABAC* مورداستفاده قرار گرفت. کاربرد این رویکرد از طریق مطالعه موردی ارایه شد [12].

پژوهش‌گران مدعی شدند مجموعه‌های فازی شهودی (*IFS*) که می‌توانند به‌طور موثر عدم قطعیت و تنوع اطلاعات قضاوت ارایه‌شده توسط تصمیم‌گیرندگان را نشان دهند، به‌دلیل عدم توجه به تردیدهای تصمیم‌گیرندگان نیاز به بهبود دارند. درنتیجه، در مطالعه‌شان، آن‌ها رویکردی برای حل مسایل تصمیم‌گیری گروهی (*GDMPs*) با مجموعه N-نرم چند فازی شهودی پارامتری فازی (به‌طور خلاصه، *FPIMFNSS*) بعد q با معرفی تردید پارامتر فازی القایی N- ارایه کردند. در این مطالعه، نویسندگان از *GDMM* پیشنهادی برای حل یک *GDMP* واقعی که شامل واجد شرایط بودن نامزد برای یک موقعیت خالی واحد آگهی شده توسط یک شرکت فناوری اطلاعات است، استفاده و عملکردهای رتبه‌بندی *GDMM* پیشنهادی را با روش فاطمه-آلکانتود مقایسه کردند [13].

پژوهش‌گران بیان کردند ترکیب تئوری‌های عدم قطعیت موجود در ادبیات ناشناخته باقی مانده است. برای افزایش بیشتر قابلیت‌های تصمیم‌گیری، آن‌ها در این مطالعه مدل دوگان فازی مردد (*DHFS*) را پیشنهاد کردند. برای دستیابی به این هدف، آن‌ها *DHFSs* را با *SESs* به‌عنوان یک مدل ترکیبی جدید به نام مجموعه‌های تخصصی نرم فازی دوگانه (*DHFSES*) ترکیب کردند. علاوه بر این، برخی از ویژگی‌ها و عملیات پایه مدل توسعه‌یافته را بررسی و این مفاهیم را با مثال‌های عددی مربوطه تشریح کردند. برای نشان دادن عملی بودن مدل *DHFSES*، آن‌ها یک مساله تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره در دنیای واقعی (پیش‌بینی نتایج در سناریوی انتخابات محلی آینده) را با ترکیب دانش تخصصی نرم فازی دوگان مردد که توسط یک الگوریتم پشتیبانی می‌شود، حل کردند [14].

۳- روش‌شناسی

یک *HFS* به‌صورت نماد ریاضی زیر نمایش داده شود [15]:

$$E = \{\langle x.\, h_e(x) | x \epsilon X \rangle\}. \qquad (۱)$$

که در آن $h_e(x)$ مجموعه‌ای از مقادیر در [۰٬۱] است که درجه عضویت عنصر x را به مجموعه E نشان می‌دهد. برای راحتی، $h_e(x)$ را یک عنصر فازی مردد (*HFE*) می‌نامیم. لازم به ذکر است تعداد مقادیر در *HFEs* مختلف ممکن است متفاوت باشد؛ عناصر در $h_e(x)$ به ترتیب کاهشی مرتب می‌شوند.

الگوریتم پیشنهادی دارای ۶ مرحله به‌شرح زیر است:

١. فهرست کردن متقاضیان دریافت تسهیلات.
٢. تعیین شاخص‌های ارزیابی گزینه‌ها.
٣. جمع‌آوری داده‌های فازی مردد.
٤. تعریف گزینه ایده‌آل.
٥. تعیین فاصله گزینه‌ها از گزینه ایده‌آل.
٦. رتبه‌بندی متقاضیان.

در مرحله ۱، فهرست متقاضیان دریافت وام از بانک را تهیه می‌کنیم. در مرحله ۲، شاخص‌های تصمیم‌گیری مشخص می‌شوند. در این مطالعه، همان‌طور که در پیش‌تر موردبحث قرار گرفت، شاخص‌های اعتباری برای اولویت‌بندی متقاضیان مورداستفاده قرار می‌گیرد. در مرحله ۳، کارشناسان بانک قضاوت‌های کلامی‌شان را به‌صورت داده‌های فازی مردد مطرح می‌کنند. لازم به ذکر است سایر داده‌های کمی به همان صورت مورداستفاده قرار می‌گیرند. در مرحله ۴، یک گزینه ایده‌آل (که در واقعیت وجود ندارد) تعریف می‌شود به‌گونه‌ای که در تمام شاخص‌ها بهترین عملکرد را دارد. در مرحله ۵، بر اساس روابط زیر فاصله هر گزینه از گزینه ایده‌آل مشخص می‌شود:

فاصله همینگ نرمال مردد:

$$d_{hnh}(M.N) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{1}{l_{x_i}}\sum_{j=1}^{l_{x_i}}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|\right]. \qquad (۲)$$

که در آن $h_M^{\sigma(j)}(x_i)$ عنصر فازی مردد گزینه M، $h_N^{\sigma(j)}(x_i)$ عنصر فازی مردد گزینه N و l_{x_i} بیانگر جفت‌های فازی مردد است.

فاصله اقلیدسی نرمال مردد:

$$d_{hne}(M.N) = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{l_{x_i}}\sum_{j=1}^{l_{x_i}}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|^2\right)\right]^{1/2}. \qquad (۳)$$

که در آن $h_M^{\sigma(j)}$ و $h_N^{\sigma(j)}(x_i)$ به ترتیب jth بزرگ‌ترین مقادیر در $h_M(x_i)$ و $h_N(x_i)$ هستند.

فاصله هاسدورف-همینگ نرمال مردد:

$$d_{hnhh}(M.N) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\max_{j}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|. \qquad (۴)$$

فاصله هاسدورف-اقلیدسی نرمال مردد:

$$d_{hneh}(M.N) = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\max_{j}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|^2\right]^{1/2}. \qquad (۵)$$

روابط مطرح‌شده تا بدین‌جا یک نقطه ضعف مهم دارند. این روابط اوزان شاخص‌ها را درنظر نمی‌گیرند. بر این اساس روابط زیر پیشنهاد می‌شود:

فاصله همینگ وزنی مردد:

$$d_{hwh}(M.N) = \sum_{i=1}^{n} w_i\left[\frac{1}{l_{x_i}}\sum_{j=1}^{l_{x_i}}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|\right]. \qquad (۶)$$

فاصله هاسدورف-همینگ وزنی مردد:

$$d_{hwhh}(M.N) = \sum_{i=1}^{n} w_i\max_{j}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|. \qquad (۷)$$

فاصله اقلیدسی وزنی مردد:

$$d_{hwe}(M.N) = \left[\sum_{i=1}^{n} w_i\left(\frac{1}{l_{x_i}}\sum_{j=1}^{l_{x_i}}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|^2\right)\right]^{1/2}. \qquad (۸)$$

فاصله هاسدورف-اقلیدسی وزنی مردد:

$$d_{hweh}(M.N) = \left[\sum_{i=1}^{n} w_i\max_{j}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|^2\right]^{1/2}. \qquad (۹)$$

علاوه بر این، یک فاصله وزنی مردد ترکیبی تعمیم‌یافته می‌تواند نتایج دقیق‌تری به همراه داشته باشد. از این‌رو، رابطه زیر مورداستفاده قرار می‌گیرد:

$$d_{hhwh}(M.N) = \sum_{i=1}^{n} w_i\left(\frac{1}{l_{x_i}}\sum_{j=1}^{l_{x_i}}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right| + \max_{j}\left|h_M^{\sigma(j)}(x_i) - h_N^{\sigma(j)}(x_i)\right|\right). \qquad (۱۰)$$

در گام نهایی، رتبه‌بندی متقاضیان با استفاده از نتایج حاصل از **رابطه (۲)** تا **رابطه (۱۰)** مشخص می‌شود.

۴- مطالعه موردی

همان‌طور که در بخش پیش مطرح شد، در مرحله نخست نیاز است متقاضیان دریافت تسهیلات را فهرست‌بندی کنیم. با توجه به این‌که امکان ذکر نام افراد وجود ندارد، در این مطالعه از کدهای ۱ تا ۶۰ برای مشخص کردن متقاضیان استفاده می‌کنیم.

در مرحله ۲، شاخص‌های اعتباری که عبارت‌اند از ظرفیت، وثیقه، سرمایه، شخصیت، اعتبارسنجی، سابقه و نسبت معدل به وام درخواستی به‌عنوان شاخص‌های مساله درنظر گرفته شد و در مرحله ۳، داده‌های مساله از کارشناسان بانک اخذ شد. مجموعه داده‌های پژوهش در **جدول ۱** نشان داده شده است.

جدول ۱- ماتریس تصمیم.

Table 1- Decision matrix.

متقاضیان	ظرفیت	وثیقه	سرمایه	شخصیت	اعتبارسنجی	سابقه	نسبت معدل به وام درخواستی
1	0,95,0.9,0.85	0.9,0.8	0.9,0.8,0.7	0.85,0.7	0.9,0.75	0.9	0.2
2	0.8,0.7, 0.6	0.2,0.15,0.05	0.4,0.3	0.8,0.7,0.6	0.75,0.6	0.8,0.7	0.06
3	0.75,0.65,0.6	0.55,0.45,0.4	0.6,0.5,0.4	0.7,0.6,0.4	0.35,0.30,0.25	0.75.0.7	0.1
4	0.85,0.7	0.8,0.7,0.6	0.85,0.75	0.7,0.6,0.5	0.75,0.65,0.6	0.9,0.8	0.4
5	0.35,0.25,0.2	0.3,0.25,0.2	0.35,0.3,0.2	0.2,0.1	0.1	0.25,0.2	1
6	0.65,0.6,0.5	0.4,0.3,0.1	0.5,0.4,0.3	0.3,0.2,0.1	0.5,0.4,0.35	0.9,0.6	0.15
7	0.35,0.3,0.1	0.8,0.65,0.6	0.75,0.45,0.25	0.2,0.1	0.6,0.55,0.5	0.6,0.2	0.2
8	0.9,0.85,0.6	0.9,0.7,0.3	0.6,0.55,0.5	0.7,0.6	0.3,0.25,0.2	0.7,0.5,0.4	2.5
9	0.85,0.75,0.55	0.7,0.65,0.6	0.7,0.4,0.2	0.7,0.6,0.2	0.8,0.75	0.7	0.1
10	0.45,0.4,0.15	0.9,0.85,0.8	0.5,0.4,0.1	0.5,0.4,0.1	0.8,0.7,0.3	0.55,0.25	0.6
11	0.3,0.2,0.1	0.7,0.5,0.3	0.8,0.7,0.4	0.4,0.3,0.2	0.5,0.45,0.2	0.4,0.1	0.05
12	0.2,0.1	0.8,0.6,0.5	0.5,0.35,0.2	0.7,0.6	0.8,0.7,0.3	0.8,0.6	0.4
13	0.8,0.5,0.4	0.5,0.4,0.1	0.6,0.5,0.2	0.4,0.2,0.1	0.2,0.15	0.1	0.1
14	0.5,0.45,0.3	0.3,0.25,0.2	0.4,0.3,0.1	0.5,0.3	0.4,0.3,0.1	0.1,0.05	0.33
15	0.2,0.15	0.8,0.7,0.65	0.25,0.2,0.15	0.8,0.7	0.7,0.6,0.3	0.7,0.5	0.2
16	0.6,0.4,0.3	0.9,0.8,0.6	0.5,0.45,0.4	0.6,0.4,0.2	0.8,0.75,0.6	0.8,0.7	0.3
17	0.9,0.85,0.7	0.7,0.65,0.5	0.7,0.65,0.55	0.4,0.3	0.1,0.05	0.8,0.7,0.5	0.27
18	0.5,0.4,0.3	0.5,0.45,0.4	0.4,0.3,0.1	0.5,0.3,0.2	0.5,0.45,0.4	0.6,0.4	0.5
19	0.6,0.4,0.2	0.2,0.15,0.1	0.8,0.7,0.5	0.6,0.5,0.3	0.2,0.1	0.8,0.7	0.37
20	0.2,0.15	0.15,0.1	0.5,0.4	0.4,0.3	0.8,0.7,0.4	0.4,0.3	0.75
21	0.4,0.35,0.2	0.2,0.1,0.05	0.6,0.5,0.4	0.4,0.3,0.2	0.6,0.5,0.4	0.7,0.6	0.56
22	0.4,0.35,0.3	0.8,0.7,0.6	0.7,0.5,0.3	0.5,0.4,0.3	0.5,0.4,0.35	0.5,0.4	0.16
23	0.2,0.1	0.6,0.5,0.4	0.3,0.2	0.5,0.4	0.7,0.6,0.3	0.6	0.3
24	0.5,0.3,0.25	0.5,0.4,0.2	0.8,0.6,0.2	0.4,0.3,0.2	0.8,0.7,0.5	0.4,0.35	0.6
25	0.6,0.5,0.45	0.8,0.7,0.6	0.7,0.5,0.4	0.8,0.7	0.75,0.6,0.5	0.8,0.5	0.16
26	0.8,0.6,04	0.5,0.45,0.4	0.7,0.6,0.5	0.9,0.8,0.7	0.5,0.4,0.1	0.6,0.5,0.3	0.3
27	0.3,0.15,0.05	0.2,0.1	0.4,0.3	0.3,0.2,0.1	0.3,0.2,0.15	0.25	0.14
28	0.5,0.45,0.4	0.6,0.5,0.4	0.7,0.6	0.8,0.7,0.6	0.5,0.4,0.3	0.7,0.5	0.5
29	0.4,0.3,0.2	0.3,0.2,0.1	0.8,0.7,0.5	0.4,0.3,0.1	0.8,0.5,0.3	0.5	0.25
30	0.2,0.15,0.1	0.8,0.7,0.6	0.4,0.3,0.2	0.1	0.8,0.6,0.4	0.4,0.2	0.17
31	0.6,0.55,0.4	0.5,0.4,0.25	0.2,0.15,0.1	0.95,0.9	0.15,0.1	0.9,0.8,0.3	0.37
32	0.85,0.8,0.6	0.4,0.3,0.1	0.6,0.5,0.2	0.3,0.2	0.1,0.05	0.9,0.8	0.54
33	0.8,0.5,0.4	0.2,0.1	0,95,0.9	0.6,0.4,0.2	0.35,0.3,0.2	0.9,0.8,0.7	0.3
34	0.3,0.1	0.8,0.7	0.4,0.35,0.2	0.1	0.7,0.3	0.6,0.4	0.14
35	0.75,0.6,0.5	0.4,0.3,0.2	0.5,0.4,0.3	0.8,0.5	0.9,0.8,0.4	0.75,0.6	0.1
36	0.4,0.35,0.1	0.7,0.65,0.6	0.6,0.5,0.2	0.5,0.2	0.8,0.7,0.6	0.2,0.1	0.2
37	0.8,0.75,0.7	0.6,0.4	0.3,0.2,0.1	0.3,0.2	0.4,0.2,0.1	0.95,0.8	0.16
38	0.9,0.85,0.6	0.8,0.7,0.6	0.5,0.3	0.4,0.3,0.2	0.75,0.65	0.5,0.4	0.4
39	0.2,0.1	0.6,0.5,0.4	0.3,0.25,0.2	0.8,0.6,0.5	0.7,0.6,0.3	0.5,0.45	3
40	0.8,0.6,0.3	0.15,0.1,0.05	0.7,0.6,0.5	0.7,0.6	0.4,0.35,0.2	0.4,0.2	0.4
41	0.7,0.6,0.5	0.4,0.3,0.2	0.95,0.9,0.85	0.6,0.5,0.3	0.7,0.6,0.4	0.7,0.5	0.5
42	0.2,0.1,0.05	0.1	0.2,0.1	0.6,0.5,0.4	0.2,0.15,0.1	0.7,0.65	0.3
43	0.5,0.45,0.4	0.8,0.6,0.2	0.9,0.8,0.6	0.15,0.1	0.8,0.6,0.3	0.7,0.6,0.45	0.28

جدول ۱- ادامه.
Table 1- Continued.

متقاضیان	ظرفیت	وثیقه	سرمایه	شخصیت	اعتبارسنجی	سابقه	نسبت معدل به وام درخواستی
44	0.8,0.4,0.2	0.8,0.7,0.3	0.4,0.3,0.2	0.2	0.1	0.8,0.6	0.41
45	0.8,0.7,0.6	0.5,0.4,0.2	0.55,0.4,0.3	0.9,0.8,0.7	0.7,0.6,0.5	0.75	0.5
46	0.95,0.9,0.8	0.5,0.45,0.4	0.6,0.5,0.3	0.1,0.05	0.3,0.2,0.1	0.8,0.2	0.62
47	0.95,0.9,0.7	0.9,0.8,0.6	0.65,0.6,0.3	0.6,0.3	0.3,0.2	0.4,0.3	0.14
48	0.3,0.2,0.1	0.35,0.25,0.1	0.2,0.1,0.05	0.2,0.1	0.8,0.5	0.2,0.1	0.83
49	0.2,0.1,0.05	0.75,0.7,0.6	0.8,0.7,0.6	0.4,0.3,0.2	0.6,0.4,	0.2,0.15	0.75
50	0.3,0.2,0.15	0.8,0.6,0.4	0.7,0.5,0.4	0.85,0.75	0.9,0.85,0.8	0.7,0.6	0.2
51	0.4,0.35,0.3	0.8,0.75,0.6	0.4,0.2,0.1	0.7,0.5,0.4	0.2,0.15	0.4,0.3,0.2	0.4
52	0.85,0.7,0.4	0.9,0.6,0.5	0.7,0.6,0.5	0.8,0.7,0.3	0.4,0.3,0.2	0.5	0.16
53	0.6,0.5,0.4	0.8,0.6,0.7	0.5,0.4,0.2	0.3,0.2,0.1	0.05	0.8,0.5	0.5
54	0.2,0.15,0.05	0.6,0.55,0.5	0.8,0.7,0.3	0.2,0.1	0.9,0.8,0.5	0.55,0.3	0.41
55	0.4,0.35,0.2	0.4,0.3,0.2	0.5,0.4,0.3	0.8,0.5,0.4	0.5,0.35,0.2	0.2,0.05	0.41
56	0.25,0.2,0.1	0.2,0.1	0.4,0.3,0.2	0.3,0.2	0.8,0.6,0.5	0.2	0.66
57	0.9,0.8,0.65	0.8,0.7,0.6	0.9,0.8,0.4	0.8,0.7,0.6	0.9,0.7,0.55	0.6,0.5,0.4	1.66
58	0.6,0.4,0.3	0.35,0.3,0.2	0.6,0.5,0.4	0.75,0.5	0.6,0.4,0.1	0.4,0.2	0.4
59	0.4,0.2,0.15	0.6,0.1	0.8,0.5,0.4	0.6,0.5,0.25	0.75,0.6,0.4	0.3,0.2	0.16
60	0.8,0.7,0.5	0.6,0.5,0.4	0.6,0.4,0.3	0.6,0.5,0.2	0.1,0.05	0.7,0.6	0.3
گزینه ایده‌آل	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	3

لازم به ذکر است که بر اساس نظر خبرگان پژوهش، اوزان شاخص‌ها به ترتیب **جدول ۲** است.

جدول ۲- وزن شاخص‌ها.
Table 2- Attributes' weights.

شاخص	ظرفیت	وثیقه	سرمایه	شخصیت	اعتبارسنجی	سابقه	نسبت معدل به وام درخواستی
وزن	0.10	0.20	0.12	0.05	0.16	0.17	0.20

در مرحله ۵، با استفاده از **رابطه (۲)** تا **رابطه (۱۰)**، رتبه‌بندی متقاضیان مشخص می‌شود. رتبه‌بندی حاصل از **رابطه (۲)** تا **رابطه (۴)** در **جدول ۳**، رتبه‌بندی حاصل از **رابطه (۵)** تا **رابطه (۷)** در **جدول ٤** و رتبه‌بندی حاصل از **رابطه (۸)** تا **رابطه (۱۰)** در **جدول ۵** نشان داده شده است.

جدول ۳- رتبه‌بندی بر اساس رابطه (۲) تا رابطه (۴).
Table 3- Ranking based on Eqs. 2 to 4.

رتبه	رابطه ۲		رابطه ۳		رابطه ۴	
	متقاضی	فاصله با ایده‌آل	متقاضی	فاصله با ایده‌آل	متقاضی	فاصله با ایده‌آل
1	1	0.26	1	0.40	1	0.31
2	4	0.33	4	0.44	4	0.38
3	57	0.41	57	0.49	57	0.54
4	25	0.46	25	0.52	45	0.54
5	45	0.46	45	0.53	25	0.54
6	9	0.47	9	0.54	28	0.58
7	50	0.48	16	0.56	39	0.58
8	52	0.49	28	0.56	52	0.58

جدول ۳- ادامه.

Table 3- Continued.

رتبه	رابطه ۲ متقاضی	رابطه ۲ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۳ متقاضی	رابطه ۳ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۴ متقاضی	رابطه ۴ فاصله با ایده‌آل
9	16	0.49	41	0.56	41	0.59
10	41	0.49	39	0.56	16	0.59
11	39	0.49	52	0.57	2	0.59
12	28	0.51	50	0.57	9	0.59
13	8	0.51	8	0.58	50	0.60
14	38	0.52	38	0.58	3	0.60
15	26	0.52	26	0.58	38	0.61
16	2	2	3	0.59	33	0.63
17	35	35	35	0.59	17	0.64
18	33	33	2	0.60	8	0.64
19	17	17	12	0.61	26	0.65
20	3	3	43	0.63	12	0.65
21	12	12	17	0.63	35	0.65
22	43	43	22	0.63	15	0.67
23	31	31	33	0.63	22	0.67
24	47	47	47	0.64	37	0.68
25	10	10	10	0.64	47	0.68
26	15	15	15	0.64	31	0.69
27	22	22	24	0.65	49	0.69
28	60	60	60	0.65	60	0.70
29	37	37	18	0.67	43	0.70
30	32	32	6	0.67	32	0.70
31	24	24	58	0.67	46	0.71
32	46	46	7	0.68	21	0.71
33	54	54	31	0.68	19	0.71
34	19	19	37	0.68	7	0.71
35	6	6	54	0.68	6	0.72
36	49	49	19	0.68	18	0.72
37	7	7	21	0.68	53	0.73
38	40	40	32	0.68	10	0.73
39	21	21	49	0.68	24	0.73
40	18	18	29	0.68	23	0.73
41	53	53	40	0.68	54	0.73
42	58	58	46	0.68	20	0.74
43	29	29	23	0.69	51	0.74
44	36	36	59	0.69	40	0.75
45	59	59	36	0.69	29	0.75
46	23	23	53	0.69	36	0.75
47	51	51	51	0.70	34	0.75
48	44	44	11	0.71	58	0.75
49	34	34	20	0.71	30	0.77
50	20	20	34	0.72	44	0.78

جدول ۳- ادامه.
Table 3- Continued.

رتبه	رابطه ۲ متقاضی	رابطه ۲ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۳ متقاضی	رابطه ۳ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۴ متقاضی	رابطه ۴ فاصله با ایده‌آل
51	11	11	55	0.72	59	0.78
52	30	30	44	0.73	42	0.79
53	55	55	30	0.73	55	0.79
54	56	56	56	0.76	56	0.79
55	13	13	13	0.77	5	0.81
56	42	42	14	0.78	11	0.81
57	14	14	42	0.79	48	0.84
58	48	48	48	0.80	14	0.85
59	5	5	5	0.80	13	0.85
60	27	27	27	0.82	27	0.86

جدول ۴- رتبه‌بندی بر اساس رابطه (۵) تا رابطه (۷).
Table 4- Ranking based on Eqs. 5 to 7.

رتبه	رابطه ۵ متقاضی	رابطه ۵ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۶ متقاضی	رابطه ۶ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۷ متقاضی	رابطه ۷ فاصله با ایده‌آل
1	1	0.41	1	0.29	1	0.33
2	4	0.46	4	0.36	4	0.41
3	57	0.57	57	0.46	57	0.57
4	25	0.58	39	0.46	39	0.54
5	45	0.59	16	0.47	16	0.56
6	28	0.60	9	0.48	9	0.57
7	41	0.62	25	0.49	25	0.58
8	16	0.63	50	0.50	50	0.60
9	38	0.64	45	0.51	45	0.59
10	39	0.64	52	0.52	52	0.58
11	3	0.64	38	0.52	38	0.60
12	9	0.64	41	0.53	41	0.61
13	50	0.64	43	0.53	43	0.70
14	52	0.65	10	0.54	10	0.68
15	2	0.65	12	0.55	12	0.66
16	8	0.66	28	0.55	28	0.61
17	26	0.68	8	0.55	8	0.68
18	35	0.68	17	0.55	17	0.65
19	17	0.68	35	0.57	35	0.68
20	12	0.69	33	0.58	33	0.65
21	22	0.69	3	0.58	3	0.63
22	33	0.70	54	0.58	54	0.70
23	15	0.70	47	0.58	47	0.69
24	43	0.72	15	0.58	15	0.67
25	47	0.72	2	0.59	2	0.65
26	60	0.72	26	0.59	26	0.70
27	49	0.72	22	0.59	22	0.67

جدول ۴- ادامه.

Table 4- Continued.

رتبه	رابطه ۵		رابطه ۶		رابطه ۷	
	متقاضی	فاصله با ایده‌آل	متقاضی	فاصله با ایده‌آل	متقاضی	فاصله با ایده‌آل
28	18	0.73	37	0.60	37	0.67
29	21	0.73	7	0.60	7	0.70
30	7	0.74	24	0.60	24	0.72
31	24	0.74	49	0.61	49	0.67
32	31	0.74	46	0.61	46	0.71
33	37	0.74	32	0.62	32	0.71
34	6	0.74	31	0.62	31	0.76
35	19	0.74	60	0.62	60	0.70
36	20	0.75	53	0.62	53	0.71
37	32	0.75	36	0.63	36	0.72
38	46	0.75	6	0.63	6	0.72
39	53	0.75	34	0.63	34	0.71
40	23	0.75	44	0.63	44	0.75
41	54	0.75	23	0.63	23	0.71
42	51	0.76	18	0.63	18	0.71
43	40	0.76	21	0.64	21	0.71
44	58	0.76	30	0.65	30	0.73
45	10	0.77	29	0.65	29	0.75
46	29	0.77	19	0.65	19	0.73
47	34	0.78	51	0.66	51	0.74
48	36	0.78	59	0.67	59	0.80
49	30	0.79	58	0.68	58	0.79
50	59	0.79	20	0.68	20	0.74
51	44	0.79	11	0.69	11	0.82
52	55	0.80	40	0.70	40	0.79
53	56	0.80	56	0.73	56	0.78
54	5	0.81	55	0.73	55	0.82
55	42	0.82	48	0.74	48	0.82
56	11	0.82	5	0.76	5	0.80
57	48	0.85	13	0.77	13	0.87
58	14	0.85	42	0.77	42	0.80
59	13	0.86	14	0.79	14	0.86
60	27	0.86	27	0.82	27	0.86

جدول ۵- رتبه‌بندی بر اساس رابطه (۸) تا رابطه (۱۰).

Table 5- Ranking based on Eqs. 8 to 10.

رتبه	رابطه ۸		رابطه ۹		رابطه ۱۰	
	متقاضی	فاصله با ایده‌آل	متقاضی	فاصله با ایده‌آل	متقاضی	فاصله با ایده‌آل
1	1	0.46	1	0.46	1	0.31
2	4	0.48	4	0.49	4	0.39
3	39	0.53	16	0.60	39	0.50
4	57	0.55	39	0.61	57	0.52
5	16	0.56	57	0.61	16	0.52
6	25	0.56	25	0.61	9	0.53
7	9	0.56	9	0.63	25	0.53
8	45	0.59	38	0.63	52	0.55
9	38	0.59	28	0.63	50	0.55
10	50	0.59	45	0.63	45	0.55
11	28	0.60	50	0.65	38	0.56
12	41	0.60	41	0.65	41	0.57
13	52	0.61	52	0.65	28	0.58
14	43	0.62	3	0.67	3	0.60
15	8	0.62	12	0.69	12	0.60
16	12	0.62	17	0.69	17	0.61
17	10	0.63	22	0.69	10	0.61
18	3	0.63	8	0.69	8	0.61
19	35	0.64	49	0.70	2	0.62
20	26	0.64	15	0.71	33	0.62
21	22	0.64	2	0.71	43	0.62
22	17	0.65	35	0.71	15	0.63
23	15	0.65	18	0.72	35	0.63
24	54	0.65	33	0.72	22	0.63
25	24	0.66	54	0.72	37	0.64
26	7	0.66	26	0.72	47	0.64
27	47	0.66	43	0.72	49	0.64
28	2	0.66	10	0.72	54	0.64
29	18	0.67	60	0.73	26	0.64
30	49	0.68	47	0.73	7	0.65
31	33	0.68	53	0.73	60	0.66
32	37	0.68	7	0.73	46	0.66
33	23	0.68	23	0.73	32	0.66
34	60	0.68	24	0.73	53	0.66
35	46	0.68	37	0.74	24	0.66
36	6	0.68	21	0.74	18	0.67
37	53	0.69	46	0.74	23	0.67
38	36	0.69	20	0.75	36	0.67
39	34	0.69	6	0.75	34	0.67
40	21	0.70	34	0.75	6	0.68
41	29	0.70	36	0.76	21	0.68
42	32	0.70	32	0.76	19	0.69
43	30	0.71	30	0.76	44	0.69

جدول ۵- ادامه.
Table 5- Continued.

رتبه	رابطه ۸ متقاضی	رابطه ۸ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۹ متقاضی	رابطه ۹ فاصله با ایده‌آل	رابطه ۱۰ متقاضی	رابطه ۱۰ فاصله با ایده‌آل
44	58	0.72	19	0.76	30	0.69
45	44	0.72	51	0.77	29	0.70
46	59	0.72	29	0.77	51	0.71
47	19	0.72	44	0.77	31	0.71
48	51	0.72	31	0.79	20	0.71
49	31	0.72	56	0.79	58	0.73
50	11	0.73	58	0.79	59	0.74
51	20	0.73	5	0.80	40	0.74
52	40	0.74	40	0.80	11	0.75
53	55	0.76	59	0.81	56	0.76
54	56	0.77	55	0.82	55	0.78
55	48	0.79	42	0.83	5	0.78
56	13	0.80	48	0.83	48	0.78
57	5	0.80	11	0.83	42	0.78
58	14	0.81	27	0.87	13	0.82
59	42	0.81	14	0.87	14	0.82
60	27	0.83	13	0.88	27	0.84

نتایج رتبه‌بندی ۱۰ نفر نخست بر مبنای **رابطه (۲)** تا **رابطه (۱۰)** در **جدول ٦** نشان داده شده است.

جدول ۶- رتبه‌بندی نهایی ۱۰ متقاضی نخست.
Table 6- The final ranking of the first 10 applicants.

رتبه	رابطه ۲	رابطه ۳	رابطه ۴	رابطه ۵	رابطه ۶	رابطه ۷	رابطه ۸	رابطه ۹	رابطه ۱۰
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	57	57	57	57	57	57	39	16	39
4	25	25	45	25	39	39	57	39	57
5	45	45	25	45	16	16	16	57	16
6	9	9	28	28	9	9	25	25	9
7	50	16	39	41	25	25	9	9	25
8	52	28	52	16	50	50	45	38	52
9	16	41	41	38	45	45	38	28	50
10	41	39	16	39	52	52	50	45	45

بر اساس داده‌های **جدول ۶**، مشخص می‌شود که متقاضی شماره ۱ بر اساس تمامی روابط مطرح‌شده برترین گزینه است و متقاضی شماره ۴ نیز، به همین ترتیب، حایز رتبه ۲ است. با این‌وجود، برای سایر گزینه‌ها امکان رتبه‌بندی به این سادگی مهیا نیست. در اینجا، استفاده از رابطه‌ای که مبنای دقیق‌تری داشته باشد مبنای تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد. **رابطه (۲)** تا **رابطه (۵)** به دلیل این‌که اوزان شاخص‌ها را درنظر نمی‌گیرند کنار گذاشته می‌شوند، چراکه می‌دانیم در یک مساله تصمیم‌گیری، اهمیت شاخص‌ها یکسان نیست و این موضوعی است که در روابط فوق درنظر گرفته نمی‌شود. بنابراین، رتبه‌بندی باید بر اساس **رابطه (۶)** تا **رابطه (۱۰)** انجام شود.

در اینجا نیز نتایج رتبه‌بندی یکسان نیست. بنابراین، باز هم لازم است میان **رابطه (۶)** تا **رابطه (۱۰)**، روابط مطمئن‌تر را مدنظر قرار داد. **رابطه‌های ۶** و **۷** فاصله همینگ و هاسدورف را تعیین می‌کنند و **رابطه‌های ۸** و **۹** فواصل را به‌صورت اقلیدسی درنظر می‌گیرند. از این‌رو، **رابطه‌های ۸** و **۹** بر **رابطه‌های ۶** و **۷** ارجحیت دارند، چراکه با درنظر گرفتن مجذور مربعات فواصل، مساله عدم تطابق میان مقیاس‌های

شاخص‌ها را مدنظر قرار می‌دهند. به‌علاوه، مشخص شد که **رابطه ۱۰** از ترکیب فواصل بهره می‌برد و بر این اساس، نسبت به سایر روابط ارجح‌تر است. با توجه به توضیحات فوق، مشخص می‌شود که فرد شماره ۳۹ حایز رتبه ۳، فرد شماره ۵۷ حایز رتبه ۴ و فرد شماره ۱۶ حایز رتبه ۵ شده است. به‌همین ترتیب می‌توان رتبه سایر گزینه‌ها را نیز مشخص نمود.

۵- نتیجه‌گیری

یکی از مسایلی که بانک‌ها با آن دست‌وپنجه نرم می‌کنند مساله عدم وصول مطالبات به‌ویژه مطالبات مربوط به وام‌های پرداختی به متقاضیان است. اولویت‌بندی متقاضیان بر مبنای رویکرد منطقی (برخلاف شیوه کنونی شهودی) می‌تواند به پیشگیری از این مساله کمک کند. در شیوه کنونی، کارشناسان بانک بر اساس برخی شاخص‌های اعتباری و بر مبنای شهود نسبت به اعطای تسهیلات بانکی اقدام می‌کنند. برخی از شاخص‌های این مساله کمی و برخی دیگر کیفی هستند. به‌منظور مواجهه با تردیدهای کارشناسان در قضاوت‌هایشان، در این مطالعه یک رویکرد فازی مردد مبتنی بر فاصله از گزینه ایده‌آل معرفی شد. در رویکرد پیشنهادی، داده‌های کیفی به‌صورت داده‌های فازی مردد از کارشناسان اخذ شد و با استفاده از روابط تعریف/شناخته‌شده موجود در ادبیات موضوع، رتبه‌بندی متقاضیان انجام گرفت.

رویکرد پیشنهادی در این پژوهش، باوجود مزایایی که در رتبه‌بندی متقاضیان دارد، نقاط ضعفی نیز دارد که می‌تواند در پژوهش‌های موردتوجه پژوهش‌گران قرار بگیرد. در این پژوهش، اوزان شاخص‌ها به‌صورت قطعی از کارشناسان اخذ شده است که می‌تواند با استفاده از رویکردهای وزن‌دهی نظیر تحلیل سلسله‌مراتبی [16]، روش بهترین–بدترین [17]، [18] و غیره محاسبه شود. به‌علاوه، برای بررسی دقیق‌تر داده‌ها، می‌توان از مجموعه‌های نوتروسوفیک [19] یا نوتروسوفیک مردد [20]، [21] استفاده کرد که منتج به نتایج دقیق‌تری می‌شوند.

دسترسی به داده‌ها

تمام داده‌های مورداستفاده در این پژوهش در متن وجود دارد.

منابع مالی

این مطالعه هیچ‌گونه کمک‌هزینه مالی دریافت نکرده است.

تعارض با منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد؛ همه نویسندگان نسخه نهایی ارسال‌شده را مشاهده و تایید کرده‌اند؛ نویسندگان تضمین می‌کنند که مقاله اثر اصلی آن‌ها بوده، پیش‌تر چاپ نشده و در حال حاضر تحت انتشار نیست.

منابع

[1] Sayadmanesh, S., & Sadeghi, Z. (In Press). Bank payments using blockchain technology: a new approach in the banking industry. *Financial and banking strategic studies*. (**In Persian**). https://www.journal-fbs.com/article_170207.html

[2] Kaviani, K., Kaviani, M., & Arfaie, M. (2023). Analysis of lending behavior of banks in Tehran capital market under non-performing loans. *Financial and banking strategic studies*, *1*(2), 87–92. (**In Persian**). https://www.journal-fbs.com/article_179924.html

[3] Ghasemnia Arabi, N., & Safaei Ghadikolaei, A. (2019). Comparison of the performances of classical models and artificial intelligence in predicting bank customers’ credit status. *Journal of business administration researches*, *10*(20), 51–69. (**In Persian**). https://bar.yazd.ac.ir/article_1320.html%0Ahttps://bar.yazd.ac.ir/article
_1320_eb938a7d716473f2e0a4051ae53efece.pdf

[4] Hosseinzadeh Lotfi, F., Najafi, S. E., & Ghasemi Todeshki, H. (2023). Providing a comprehensive model of banking system performance evaluation using network data envelopment analysis model in non-deterministic space. *Financial and banking strategic studies*, *1*(1), 1–21. (**In Persian**). https://www.journal-fbs.com/article_178864.html?lang=en

[5] Xu, Z., & Xia, M. (2011). Distance and similarity measures for hesitant fuzzy sets. *Information sciences*, *181*(11), 2128–2138. https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.01.028

[6] Rodriguez, R. M., Martinez, L., & Herrera, F. (2012). Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. *IEEE transactions on fuzzy systems*, *20*(1), 109–119. DOI:10.1109/TFUZZ.2011.2170076

[7] Rodríguez, R. M., Martínez, L., Torra, V., Xu, Z. S., & Herrera, F. (2014). Hesitant fuzzy sets: state of the art and future directions. *International journal of intelligent systems*, *29*(6), 495–524.

[8] Ye, J. (2015). Multiple-attribute decision-making method under a single-valued neutrosophic hesitant fuzzy environment. *Journal of intelligent systems*, *24*(1), 23–36. DOI:10.1515/jisys-2014-0001

[9] Şahin, R., & Liu, P. (2017). Correlation coefficient of single-valued neutrosophic hesitant fuzzy sets and its applications in decision making. *Neural computing and applications*, *28*(6), 1387–1395. DOI:10.1007/s00521-015-2163-x

[10] Tang, M., & Liao, H. (2019). Managing information measures for hesitant fuzzy linguistic term sets and their applications in designing clustering algorithms. *Information fusion*, *50*, 30–42. DOI:10.1016/j.inffus.2018.10.002

[11] Meng, F., Tang, J., Zhang, S., & Xu, Y. (2020). Public-private partnership decision making based on correlation coefficients of single-valued neutrosophic hesitant fuzzy sets. *Informatica (Netherlands)*, *31*(2), 359–397. DOI:10.15388/20-INFOR401

[12] Büyüközkan, G., Mukul, E., & Kongar, E. (2021). Health tourism strategy selection via SWOT analysis and integrated hesitant fuzzy linguistic AHP-MABAC approach. *Socio-economic planning sciences*, *74*, 100929. DOI:10.1016/j.seps.2020.100929

[13] Das, A. K., & Granados, C. (2022). FP-intuitionistic multi fuzzy N-soft set and its induced Fp-Hesitant N-soft set in group decision-making. *Decision making: applications in management and engineering*, *5*(1), 67–89. DOI:10.31181/dmame181221045d

[14] Ali, G., Afzal, A., Sheikh, U., & Nabeel, M. (2023). Multi-criteria group decision-making based on the combination of dual hesitant fuzzy sets with soft expert sets for the prediction of a local election scenario. *Granular computing*, *8*(6), 2039–2066. DOI:10.1007/s41066-023-00414-w

[15] Edalatpanah, S. A. (2022). Using hesitant fuzzy sets to solve the problem of choosing a strategy in uncertain conditions. *Journal of decisions and operations research*, *7*(2), 373–382. (**In Persian**). https://www.journal-dmor.ir/article_153341.html?lang=en

[16] Barati, R., & Rashidi, S. F. (In Press). Fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS synergy for ranking the factor influencing employee turnover intention in the Iran hotel industry. *Journal of applied research on industrial engineering*. (**In Persian**). https://www.journal-aprie.com/article_153852.html

[17] Aghajani Mir, S. F., Rajabi Kafshgar, F. Z., & Arab, A. (2022). Identifying and prioritizing challenges of implementing blockchain technology in the supply chain: a Bayesian BWM group-based approach. *Journal of decisions and operations research*, *6*(4), 464–483. (**In Persian**). https://www.journal-dmor.ir/article_132239_en.html

[18] Masoomi, B., Sahebi, I. G., Fathi, M., Yıldırım, F., & Ghorbani, S. (2022). Strategic supplier selection for renewable energy supply chain under green capabilities (fuzzy BWM-WASPAS-COPRAS approach). *Energy strategy reviews*, *40*, 100815. DOI:10.1016/j.esr.2022.100815

[19] Saberhoseini, S. F., Edalatpanah, S. A., & Sorourkhah, A. (2022). Choosing the best private-sector partner according to the risk factors in neutrosophic environment. *Big data and computing visions*, *2*(2), 61–68. DOI:10.22105/bdcv.2022.334005.1075

[20] Edalatpanah, S. A. (2020). Data envelopment analysis based on triangular neutrosophic numbers. *CAAI transactions on intelligence technology*, *5*(2), 94–98. https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/trit.2020.0016

[21] Edalatpanah, S. A., & Smarandache, F. (2019). Data envelopment analysis for simplified neutrosophic sets. *Neutrosophic sets and systems*, *29*, 215–226. DOI:10.5281/zenodo.3514433